

**KARAKTERISASI SIFAT FISIK KIMIA BIODIESEL DARI TRANSESTERIFIKASI ENZIMATIS DAN PENGARUHNYA TERHADAP EMISI GAS BUANG  
(THE CHARACTERIZATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BIODIESEL FROM ENZYMATIC TRANSESTERIFICATION AND THE EFFECT ON EXHAUST GAS EMISSIONS)**

**Ageng Priatni, Yuni Adiningsih, Fitriani<sup>1,2,3</sup>**

Baristand Industri Samarinda

Jl. MT. Haryono/Banggeris No. 1 Samarinda

agengpriatni@yahoo.co.id<sup>1</sup>, y\_adiningsih@yahoo.co.id<sup>2</sup>, f3\_fitriting@yahoo.co.id<sup>3</sup>

Naskah diterima 28 Pebruari 2014, disetujui 30 April 2014.

**ABSTRAK**

Latar belakang penelitian ini adalah penggunaan bahan bakar dengan sumber daya alam nabati yang dapat terbarukan (*renewable*) dan pengurangan pencemaran udara. Sedangkan tujuan penelitian untuk mengetahui sifat fisik kimia biodiesel dari CPO dan pengaruhnya terhadap penurunan emisi gas buang pada mesin diesel. Biodiesel diperoleh dengan transesterifikasi enzimatis antara CPO dan Methanol dengan enzim lipase *Pseudomonas Fluorescens* sebagai katalis. Biodiesel yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi dan kemudian dicampur dengan minyak solar dengan perbandingan volume biodiesel 10%: minyak solar 90% (B10), biodiesel 20%:minyak solar 80% (B20) dan biodiesel 30% : minyak solar 70% (B30) dengan minyak solar sebagai pembanding (B00). Aplikasi dilakukan pada mesin diesel dan diuji emisi gas buangnya (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, Total partikel dan Opasitas). Karakterisasi sifat fisik kimia dari biodiesel sebagai berikut : *specific gravity* 0,9068, kekentalan kinematik 28,26 mm<sup>2</sup>/s, titik nyala 50,5°C, *cloud point* 18°C, Kadar air 0,8%vol, residu karbon 0,941% wt dan *calorific value* 9372,8 Cal/gr. Bahan bakar campuran antara biodiesel dan minyak solar (B30) menyebabkan terjadinya penurunan emisi gas buang CO sebesar 96,88%, total partikel sebesar 18,35% dan B20 menyebabkan penurunan emisi gas SO<sub>2</sub> sebesar 100% dari minyak solar. Campuran antara biodiesel dan minyak solar (B30) menyebabkan terjadinya kenaikan emisi gas NO<sub>2</sub> sebesar 265,96% serta tidak memberikan pengaruh apa-apa terhadap opasitas.

**Kata Kunci :** Biodiesel, CPO, Emisi gas Buang, Enzimatis, Mesin Diesel

**ABSTRACT**

The background of this research is to use of fuel with natural resources and renewable plant-based that can reduce air pollution. This research conducted in order to determine the physical and chemical properties of biodiesel from palm oil and the effect on exhaust gas emission in diesel engines. Biodiesel produced by enzymatic transesterification between methanol and crude palm oil by *pseudomonas fluorescens* lipase as a catalyst. Its characterized then blended with petroleum diesel with biodiesel volume ratio 10%:90% petroleum diesel (B10), biodiesel 20%:80%, petroleum diesel (B20) and biodiesel 30%:70%, petroleum diesel (B30) with diesel oil as a comparison (B0 ) is then applied and tested on a diesel engine exhaust gas emissions (SO<sub>2</sub>,NO<sub>x</sub>,CO,total particulate matter and opacity). The characterization of physical and chemical properties of biodiesel as follows: *specific gravity* 0.9068, kinematic viscosity 28.26 mm<sup>2</sup>/s,

50.5°C flash point , cloud point 18°C, the water content of 0.8% vol, residue carbone 0.941% wt and calorific value 9372.8 Cal/lb. Fuel mixture of biodiesel and petroleum diesel (B30) leads to a decrease in exhaust emissions of CO by 96.88 % , 18.35% of the total particles and B20 causes a decrease in SO<sub>2</sub> emissions by 100 % of petroleum diesel. While a mixture of biodiesel and petroleum diesel (B30) leads to increase in NO<sub>2</sub> emissions by 265.96% and did not give any influence on the opacity.

**Keywords :** Biodiesel, CPO, Diesel Engines, Enzymatic, Exhaust Emissions

## PENDAHULUAN

Sebagian besar pencemaran udara dan pemanasan global diakibatkan oleh emisi gas buang dari sumber yang bergerak seperti mobil, truk, bus, lokomotif kereta api, kapal laut dan kendaraan bermotor, maupun tidak bergerak seperti sisa pembakaran dari pabrik-pabrik kimia, pu-puk dan lain-lain. Emisi gas buang dari sumber bergerak berasal dari sisa pembakaran antara bahan bakar minyak bumi (bensin atau solar), oksigen (O<sub>2</sub>) dan panas yang tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna ini menghasilkan gas buang seperti CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> dan partikulat yang bersifat racun.

Oleh karena itu, banyak Negara-negara di dunia saat ini mengembangkan energi berbasis sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan guna mengurangi pencemaran udara dan mengurangi tingkat pemanasan global sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi. Pengurangan penggunaan bahan bakar minyak bumi juga dilakukan pemerintah melalui Instruksi Presiden No. 10/2005 tentang Penghematan energi serta Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 tahun 2006 tentang pengembangan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Walaupun kebijakan tersebut lebih difokuskan pada penggunaan batu bara dan gas alam sebagai pengganti bahan bakar minyak, namun kebijakan tersebut juga menetapkan penggunaan bahan bakar dengan sumber daya alam nabati yang dapat diperbarukan (*renewable*). Salah

satu sumber energi yang bersifat terbarukan adalah Biodiesel.

Biodiesel merupakan Bahan Bakar Nabati berupa ester metil dari asam-asam lemak (*fatty acid methyl ester* atau FAME). Istilah "Bio" pada biodiesel merujuk kepada bahan baku yang terbarukan dan bahan hayati yang berbeda dari minyak solar yang berbahan baku minyak bumi. Oleh karena itu biodiesel merupakan salah bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan tidak memiliki efek terhadap kesehatan. Saat ini bahan baku utama produksi biodiesel di Indonesia adalah minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*). Biodiesel murni (B100) dan maupun campurannya dengan minyak solar dapat digunakan sebagai bahan bakar motor diesel. Dalam istilah perdagangan campuran biodiesel dengan minyak solar umumnya dinamakan dengan notasi BXX. Misalnya, B10 menunjukkan bahwa campuran bahan bakar tersebut mengandung 10%-vol biodiesel dan 90%-vol minyak solar (Dirjen Energi Baru Terbarukan & Konservasi Energi, 2013).

Selama ini biodiesel diproduksi melalui proses esterifikasi diikuti dengan transesterifikasi kimia, yaitu mereaksikan minyak dengan alkohol (misalnya *methanol*) dengan menggunakan katalisator basa (KOH) atau asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) menjadi *fatty acid methyl ester* (FAME) atau biodiesel. Namun dalam satu dekade terakhir ini, telah dikembangkan penelitian-penelitian penggunaan bioteknologi untuk memproduksi biodiesel yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi enzimatis.

Penelitian tentang penggunaan sumber energi alternatif biodiesel telah banyak dilakukan di Indonesia. Menurut Susila (2010), penggunaan biodiesel dari biji karet (B10) pada mesin diesel mampu menurunkan gas CO sebesar 80% dan CO<sub>2</sub> sebesar 55% dibandingkan dengan solar murni. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Syafii, Sembiring & Bangun (2013), dimana Biodiesel dari minyak jarak pagar (B10) dapat menurunkan emisi gas buang CO sebesar 54,39%, HC sebesar 0,5% dan CO<sub>2</sub> sebesar 9,73% dibandingkan penggunaan minyak solar. Hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel memberikan dampak yang baik terhadap lingkungan.

Menurut Sukartin dkk (2009), biodiesel dapat dihasilkan secara enzimatis pada suhu 60°C dengan perbandingan mol CPO dan Methanol 1:15 selama 6 jam dengan yields sebesar 89,95%. Namun biodiesel yang dihasilkan tersebut masih belum diketahui sifat fisik kimianya serta pengaruhnya terhadap emisi gas buang, oleh karena itu dilakukanlah penelitian ini dengan tujuan mengetahui karakterisasi biodiesel dari hasil transesterifikasi enzimatis serta pengaruhnya terhadap penurunan emisi gas buang (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, Total partikel dan Opasitas) pada mesin diesel.

## METODA

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan yaitu CPO, methanol, natrium sulfat anhidrat, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Dioxan 45, lipase *Pseudomonas Fluorescens* (Lipase AK Amano : 25.000 unit/gram) dan minyak solar.

Peralatan yang digunakan yaitu mesin diesel (*Dong Feng*), water bath, corong pemisah, sentrifus, mikropipet, timbangan analitik, buret, vortex serta peralatan gelas.

### Prosedur Penelitian

#### 1. Pembuatan biodiesel (FAME)

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan memasukkan 128 gram CPO ke dalam botol reaksi dan kemudian ditambahkan dengan 303 ml metanol dan 3 ml enzim lipase *Pseudomonas Fluorescens* (20 units/g) dan kemudian diinkubasi pada suhu 60 °C selama 6 jam dengan sambil terus diaduk. Hasil dari transesterifikasi selanjutnya dipisahkan dalam corong pemisah sehingga dihasilkan dua lapisan. Lapisan atas merupakan biodiesel kasar sedangkan lapisan bawah adalah gliserol kotor. Lapisan bawah dibuang sementara lapisan atas selanjutnya dicuci dengan air hangat sebesar 10 % dari volume biodiesel. Hasil pencucian dipisahkan dengan corong pemisah sehingga diperoleh biodiesel saja. Biodiesel yang diperoleh kemudian dipanaskan sampai suhu 130 °C. Hasil kemudian dikarakterisasi sifat-sifat fisik dan kimianya (angka setana, berat jenis, viskositas, titik nyala, titik tuang, residu karbon (CCR), kandungan air dan nilai kalor).

#### 2. Proses Blending Biodiesel dan Minyak Solar

Biodiesel dicampur dengan minyak solar dengan perbandingan volume biodiesel 10% : minyak solar 90% (B10), biodiesel 20% : minyak solar 80% (B20) dan biodiesel 30% : minyak solar 70 % (B30) dengan minyak solar sebagai pembanding (B00). Pencampuran skala laboratorium dilakukan di dalam *beaker glass* yang kemudian diaduk hingga tercampur sempurna (homogen). Jika tidak homogen maka akan dilakukan pemanasan sampai suhu 50°C. Proses pencampuran dilakukan un-tuk mendapatkan bahan bakar dengan spesifikasi sesuai biodiesel. Campuran kemudian digunakan sebagai bahan bakar pada mesin diesel yang dijalankan dengan putaran tetap selama kurang lebih 1 Jam dan dilanjutkan dengan pengujian emisi gas buang (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, total partikel dan opasitas).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Karakterisasi sifat fisik kimia Biodiesel

Biodiesel yang diperoleh memiliki sifat fisik kimia sebagaimana terlihat pada tabel 1:

**Tabel 1.** Sifat Fisik Kimia Biodiesel (B<sub>100</sub>)

| No. | Parameter   | Biodiesel (B <sub>100</sub> ) | Baku Mutu (SNI 04-7182-2006) |
|-----|---|-------------------------------|------------------------------|
| 1.  | Specific Gravity at 60/60                         | 0,9068                        | 0,8624                       |
| 2.  | Kekentalan kinematik at 40°C (mm <sup>2</sup> /s) | 28,26                         | 2,3 6,0                      |
| 3.  | Titik nyala PM c.c (°C)                           | 50,5                          | Min. 100                     |
| 4.  | Cloud Point (°C)                                  | 18                            | Max. 18                      |
| 5.  | Kadar air (% vol.)                                | 0,8                           | Max. 0,05                    |
| 6.  | Residu karbon (% wt)                              | 0,941                         | Max. 0,3                     |
| 7.  | Calorific Value ( Cal/gr)                         | 9.372,8                       | 40.000                       |

## Densitas

Densitas adalah perbandingan berat dari suatu volume contoh dengan berat air pada volume dan suhu yang sama. Densitas berkaitan erat dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi (Aziz, 2008). Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa biodiesel yang diperoleh memiliki densitas sebesar 0,9068 mm<sup>2</sup>/s, nilai ini berada diatas baku mutu SNI biodiesel yaitu 0,8624 mm<sup>2</sup>/s. Nilai yang besar ini disebabkan karena masih banyaknya zat-zat pengotor yang terdapat pada biodiesel yang kemungkinan disebabkan oleh proses pencucian ataupun pengeringan yang kurang sempurna. Menurut Rickdatech (2012), biodiesel memiliki nilai spesifik gravity sekitar 0,86 0,90 mm<sup>2</sup>/s. Bila hasil yang diuji memiliki *specific gravity* di atas 0,90 mm<sup>2</sup>/s maka yang dihasilkan adalah minyak nabati sedangkan jika *specific gravity* di bawah 0,90 mm<sup>2</sup>/s maka yang dihasilkan adalah biodiesel sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh merupakan biodiesel.

## Kekentalan kinematik

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kekentalan kinematik atau viskositas dari biodiesel yang dihasilkan sebesar 28,26 mm<sup>2</sup>/s. Viskositas tersebut masih tinggi dan berada diatas baku mutu SNI biodiesel yaitu 2,3-6,0 mm<sup>2</sup>/s.

Menurut Mittelbach & Remschmidt (2006), viskositas biodiesel yang tinggi di sebabkan oleh tingkat kejenuhan minyak pembentuk biodiesel dan panjang rantai karbonnya. Semakin panjang rantai karbon semakin tinggi viskositas biodiesel yang dihasilkan. Minyak sawit mentah memiliki kandungan asam lemak jenuh palmitat (C16:0) sebesar 40 46% dan asam lemak tak jenuh oleat (C18:1) sebesar 39 45% dimana kedua asam lemak ini merupakan asam lemak terbesar yang terdapat pada minyak sawit mentah dan merupakan asam lemak dengan rantai karbon yang panjang. Selain faktor tingkat kejenuhan minyak dan panjangnya rantai karbon, kemurnian dari biodiesel yang dihasilkan juga diduga menjadi penyebab tingginya nilai viskositas.

Apabila viskositas terlalu tinggi maka bahan bakar tidak akan terbakar dalam waktu singkat dan kinerja mesin akan



menurun, hal ini dapat menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat dan terjadinya pembakaran kurang sempurna sehingga dapat mengakibatkan terbentuknya deposit dalam ruang bakar.

### Titik nyala

Titik nyala adalah suhu dimana bahan tersebut dapat terbakar, semakin tinggi semakin bagus karena lebih aman dan tidak mudah terbakar pada suhu lingkungan. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa titik nyala dari biodiesel (B100) yang dihasilkan adalah  $50.5^{\circ}\text{C}$ , nilai ini berada dibawah baku mutu biodiesel yaitu min  $100^{\circ}\text{C}$  yang berarti kurang aman karena lebih mudah terbakar pada temperatur lingkungan ambien. (Hamid, 2002).

### Titik kabut

Titik kabut atau titik kabut adalah suhu dimana minyak mulai menjadi jenuh sebagai hasil dari kristalisasi menurut pengaturan pendinginan. Secara umum, semakin tinggi ketidakjenuhan maka semakin rendahlah titik kabut. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa titik kabut dari biodiesel yang dihasilkan adalah  $18^{\circ}\text{C}$ , nilai ini memenuhi baku mutu biodiesel yaitu max  $18^{\circ}\text{C}$ . Biodiesel sawit mengandung ester asam lemak jenuh lebih banyak, dan pada akhirnya akan memiliki titik kabut lebih tinggi dibandingkan biodiesel biji karet sebesar  $9^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan struktur metil ester dari asam lemak jenuh yang berantai tunggal (pada biodiesel sawit) lebih mudah dan seragam dalam menyusun kristal yang kompak (Ming *et al.*, 2005).

Penurunan titik kabut biodiesel sawit dapat dilakukan melalui metode pencampuran dengan biodiesel lain yang bertitik kabut lebih rendah. Setyaningsih dalam Musadhaz(2012) menyatakan bahwa pencampuran biodiesel jarak pagar dengan biodiesel kedelai, biji rapa, sawit, dan kelapa menghasilkan sifat titik kabut yang beragam, yang berada di antara sifat masing-masing komponen murninya.

### Kadar air

Kadar air yang dimiliki oleh biodiesel (B100) dari penelitian ini yaitu 0,8%, nilai ini jauh diatas baku mutu biodiesel yaitu 0,05%. Tingginya kandungan air disebabkan oleh proses pengeringan yang kurang sempurna.

Biodiesel bersifat hidrofob (tidak bercampur dengan air), biodiesel juga dapat bersifat higroskopik saat titik kelembaban atmosfer jenuh. Salah satu alasan biodiesel dapat menyerap air adalah ikatan mono dan diglisierida menunda reaksi tak sempurna. Molekul ini dapat bertindak sebagai pengemulsi, menjadikan air bercampur dengan biodiesel. Sebagai tambahan, air dapat menjadi residu pada tahap prosesing atau hasil akhir yang terkondensasi di tangki penyimpanan. Keberadaan air dapat menjadi masalah utama dikarenakan air dapat mengurangi pemanasan saat pembakaran dari tempat bahan bakar yang berakibat mesin sulit dinyalakan, berasap serta kurang bertenaga.

Air dapat menyebabkan korosi pada sistem komponen vital bahan bakar seperti: pompa bahan bakar, pompa injektor dan lain-lain. Air & mikroba menyebabkan elemen penyaring kertas disistem gagal (membusuk) yang mana mengakibatkan kerusakan pada pompa saat proses penguraian partikel besar. Air dingin dapat membentuk kristal es mendekati  $0^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}\text{F}$ ). Kristal ini dapat menjadi area penyatuan dan penggumpalan pada residu bahan bakar. Air mempercepat pertumbuhan koloni mikroba, dimana dapat menyumbat sistem bahan bakar. Air dapat melubangi piston di mesin diesel (Anonim, 2007)

### Residu karbon (CCR)

Hasil Pengujian residu karbon sebagaimana Tabel 1 menunjukkan bahwa CCR dari hasil penelitian yaitu 0,941%, masih belum sesuai dengan baku mutu SNI 04-7182-2006 yaitu max. 0,3%. Sebelum dikonversikan menjadi ester, minyak sawit menghasilkan residu karbon yang lebih

besar sekitar 65% 78% dari esternya (Hamid, 2002). Residu karbon menunjukkan jumlah residu karbon yang akan disimpan di mesin sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar. Penyebab paling umum dari kelebihan karbon, ketika menggunakan biodiesel, adalah tingkat gliserin yang tinggi. Karbon ini dapat menyebabkan *scuffing* pada permukaan logam dan membangun karbon sekitar tips injector bisa mengganggu pola semprot dan jumlah bahan bakar yang dikirim.

### Nilai kalor

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai kalor dari biodiesel yang dihasilkan adalah 9.372,8 kalori/gram, nilai ini masih belum memenuhi baku mutu biodiesel yaitu 40.000 kalori/gram. Nilai kalor berkaitan erat dengan nilai densitas. Menurut Aziz (2008), densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi sedangkan densitas yang tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang rendah. Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa densitas

biodiesel yang diperoleh masih tinggi, hal ini menyebabkan nilai kalor yang dihasilkan masih jauh dibawah baku mutu biodiesel. Nilai kalor biodiesel sangat penting karena kinerja motor berhubungan langsung dengan jumlah kalor yang diberikan oleh bahan bakar.

### Pengujian Emisi Gas Buang Dari Bahan Bakar Campuran Biodiesel dan Minyak Solar (BXX) Pada Mesin Diesel.

Biodiesel yang telah diketahui sifat fisik dan kimianya kemudian dicampur dengan minyak solar menjadi bahan bakar dengan notasi B10, B20 dan B30 yang kemudian di aplikasikan pada mesin diesel dan diuji emisi gas buangnya. Pengujian emisi di lakukan untuk mengetahui apakah bahan bakar B10, B20 dan B30 berpengaruh terhadap emisi gas buang yang di keluarkan oleh mesin diesel. Adapun hasil pengujian emisi gas buang mesin diesel dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Uji Emisi Gas Buang dari Mesin Diesel Dengan Bahan Bakar B10, B20 dan B30

| No | Parameter                             | Perbandingan volume Biodiesel dan Minyak Solar (BXX) |       |       |       | Baku Mutu MenLH No. 21 thn. 2008 |
|----|---------------------------------------|--|-------|-------|-------|----------------------------------|
|    |                                       | B00  | B10   | B20   | B30   |                                  |
| 1. | CO (mg/Nm <sup>3</sup> )              | 416  | 346   | 275   | 13    | 600                              |
| 2. | SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 7  | 1     | 0     | 0     | 800                              |
| 3. | NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 47   | 20    | 21    | 172   | 1000                             |
| 4. | Total Partikel (mg/Nm <sup>3</sup> )  | 18,74  | 17,41 | 16,07 | 15,08 | 150                              |
| 5. | Opasitas (%)                          | 5  | 5     | 5     | 5     | 20                               |

Keterangan:

x B00 : Minyak Solar

x B10 : Perbandingan 10 %-vol Biodiesel dan 90 %-vol Minyak Solar

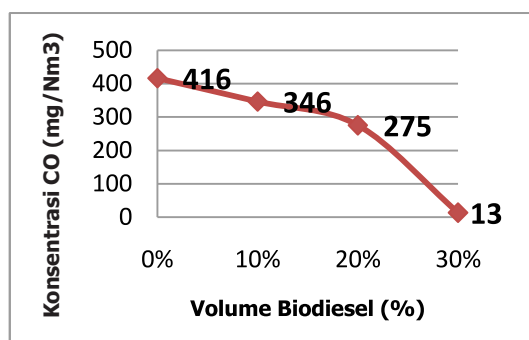
x B20 : Perbandingan 20 %-vol Biodiesel dan 80 %-vol Minyak Solar

x B30 : Perbandingan 30 %-vol Biodiesel dan 70 %-vol Minyak Solar

### Carbon Monoksida (CO)

Carbon Monoksida (CO) merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna antara carbon dengan oksigen. Besarnya nilai emisi gas CO yang dihasilkan dari mesin diesel dengan bahan bakar

campuran biodiesel dan minyak solar dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hubungan Nilai CO (mg/Nm<sup>3</sup>) dengan volume biodiesel (%)

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa emisi gas CO yang dihasilkan dari minyak solar (0%) sebesar 416 mg/Nm<sup>3</sup>, sementara nilai emisi gas CO volume biodiesel 10%, 20% dan 30% berkisar antara 346 mg/Nm<sup>3</sup> sampai dengan 13 mg/Nm<sup>3</sup>. Nilai-nilai tersebut masih berada dibawah baku mutu MenLH yaitu 600 mg/Nm<sup>3</sup>.

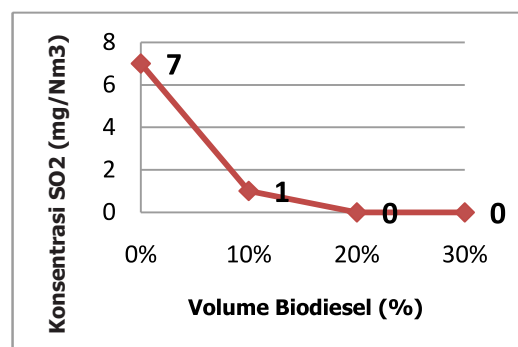
Dari gambar 1 juga dapat dilihat terjadi penurunan emisi gas CO seiring dengan besarnya volume biodiesel. Penurunan emisi gas CO terbesar terjadi pada 30% volume biodiesel (B30) yang mampu menurunkan emisi gas CO sebesar 96,88% dibandingkan minyak solar (B00) yaitu dari 416 mg/Nm<sup>3</sup> menjadi 13 mg/Nm<sup>3</sup>. Kemampuan menurunkan emisi gas CO ini disebabkan karena pengaruh oksigen yang terikat pada biodiesel yang menyebabkan pembakaran menjadi lebih sempurna (Syahrani, 2006). Minyak solar terdiri dari hidrokarbon rantai lurus dan sebagian rantai bercabang, sedangkan pada biodiesel mengikat dua atom oksigen, semakin banyak oksigen pada biodiesel pembakaran semakin sempurna sehingga menghasilkan *carbon monoksida* yang rendah.

Kemampuan menurunkan *carbon monoksida* biodiesel dari minyak sawit lebih besar dibandingkan biodiesel dari biji karet dan biodiesel dari minyak jarak pagar. Menurut Susila (2010), penggunaan 10% volume biodiesel dari biji karet (B10) pada mesin diesel yang mampu menurunkan gas CO sebesar 80% (dan penggunaan 10% volume biodiesel dari

minyak jarak pagar (B10) yang mampu menurunkan emisi gas buang CO sebesar 54,39% (Syafii, Sembiring & Bangun, 2013). Penurunan atau pengurangan emisi gas CO juga berdampak kepada penurunan terbentuknya lapisan ozon (O<sub>3</sub>) di atmosfer yang merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global yang berakibat pada perubahan iklim, terjadinya cuaca ekstrim perubahan ekosistem dan lain-lain.

### Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) merupakan hasil pembakaran antara unsur belerang (S) yang berasal dari bahan bakar dengan oksigen (O) dan keluar sebagai emisi gas buang (Syahrani, 2006). Besarnya nilai emisi gas SO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari mesin diesel dengan bahan bakar campuran biodiesel dan minyak solar dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hubungan Nilai SO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup>) dengan volume biodiesel (%)

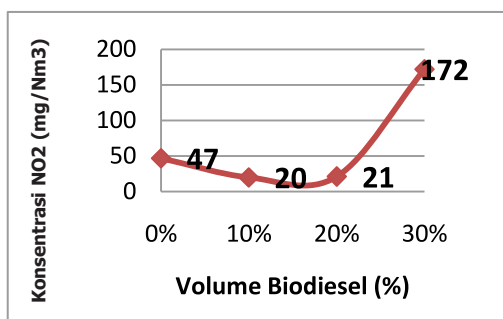
Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa emisi gas SO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari minyak solar (0%) sebesar 7 mg/Nm<sup>3</sup>, sementara nilai emisi gas SO<sub>2</sub> volume biodiesel 10%, 20% dan 30% berkisar antara 1 mg/Nm<sup>3</sup> sampai dengan 0 mg/Nm<sup>3</sup>. Nilai-nilai tersebut masih berada dibawah baku mutu MenLH yaitu 800 mg/Nm<sup>3</sup>. Dari gambar 2 juga dapat dilihat bahwa terjadi penurunan emisi gas SO<sub>2</sub> seiring dengan besarnya volume biodiesel.

Penurunan emisi gas SO<sub>2</sub> terbesar terjadi pada 20% volume biodiesel (B20) dan 30% volume biodiesel (B30) yang mampu menurunkan emisi gas CO sebesar

100% dibandingkan dengan bahan bakar minyak solar (B00) yaitu dari 7 mg/Nm<sup>3</sup> menjadi 0 mg/Nm<sup>3</sup>. Besarnya penurunan ini diduga dikarenakan bahan bakar biodiesel yang sama sekali tidak mengandung unsur belerang (S), tidak seperti minyak solar dimana salah satu ciri fisik dari minyak solar adalah mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi.

### Nitrogen Oksida (NO<sub>2</sub>)

Besarnya nilai emisi gas NO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari mesin diesel dengan bahan bakar campuran biodiesel dan minyak solar dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Hubungan Nilai NO<sub>2</sub> (mg/Nm<sup>3</sup>) dengan volume biodiesel (%)

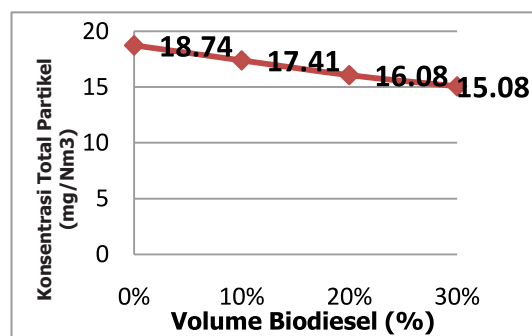
Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa emisi gas NO<sub>2</sub> yang di hasilkan dari minyak solar (0%) sebesar 47 mg/Nm<sup>3</sup>, sementara emisi gas NO<sub>2</sub> volume biodiesel 10%, 20% dan 30% berkisar antara 20 mg/Nm<sup>3</sup> sampai dengan 72 mg/Nm<sup>3</sup> dimana nilai-nilai tersebut masih berada dibawah baku mutu MenLH yaitu 1000 mg/Nm<sup>3</sup>.

Dari gambar 3 juga dapat dilihat bahwa terjadi penurunan emisi gas NO<sub>2</sub> pada 10% volume biodiesel yaitu sebesar 57,45%, namun terjadi juga kenaikan yang cukup signifikan pada 30% volume biodiesel yaitu sebesar 265,96% atau 5,6 kali lipat dari emisi gas NO<sub>2</sub> minyak solar. Kenaikan emisi gas NO<sub>2</sub> terjadi seiring dengan bertambahnya volume dari biodiesel. Kenaikan emisi gas NO<sub>2</sub> diperkirakan terjadi karena adanya udara berlebih (excess) yang disebabkan oleh pembakaran pada suhu tinggi yang terjadi pada ruang bakar mesin. Suhu tinggi disebabkan karena bertambahnya volume

biodiesel yang menyebabkan perbandingan antara bahan bakar dan udara tidak *stoichiometric* lagi (Syahrani, 2006).

### Total Partikel

Total partikel terdiri dari unsur C (karbon) yang masih berupa butiran partikel, dan residu atau kotoran lain yang dihasilkan oleh pembakaran pada motor diesel. Partikel sebagian besar dihasilkan oleh adanya residu dalam bahan bakar. Residu tersebut tidak ikut terbakar dalam ruang bakar, tetapi terbuang melalui pipa gas buang. Pembakaran mesin diesel paling banyak menghasilkan partikulat karena didalam bahan bakar diesel mengandung banyak residu dengan kadar C yang banyak. Hal itu mengakibatkan setelah selesai proses pembakaran, karbon/arang yang tidak terbakar akan terbuang melalui pipa gas buang (Syahrani, 2006). Hasil uji emisi gas total partikel yang dihasilkan oleh mesin diesel dengan bahan bakar campuran biodiesel dan minyak solar dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan Nilai Total Partikel (mg/Nm<sup>3</sup>) dengan volume biodiesel (%)

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa total partikel yang di hasilkan dari minyak solar (0%) sebesar 18,74 mg/Nm<sup>3</sup>, sementara total partikel volume biodiesel 10%, 20% dan 30% berkisar antara 17,41 mg/Nm<sup>3</sup> sampai dengan 15,05 mg/Nm<sup>3</sup> dimana nilai-nilai tersebut masih berada dibawah baku mutu MenLH yaitu 150 mg/Nm<sup>3</sup>.

Dari gambar 4 juga dapat dilihat bahwa terjadi penurunan total partikel seiring dengan besarnya volume biodiesel. Penurunan nilai total partikel terbesar



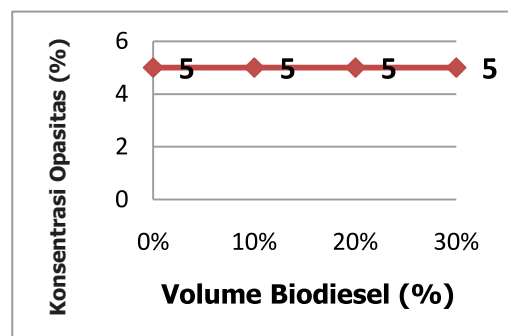
terjadi pada 30% volume biodiesel (B30) yang mampu menurunkan nilai total partikel sebesar 18,35% dari bahan bakar minyak solar yaitu dari 18,74 mg/Nm<sup>3</sup> menjadi 15,05 mg/Nm<sup>3</sup>. Bahan bakar minyak solar yang berasal dari sisa-sisa fosil di dalam perut bumi terdiri dari 75% hidrokarbon jenuh yang bersifat tidak stabil dan 25% hidrokarbon tidak jenuh sementara biodiesel yang berasal dari minyak nabati memiliki hidrokarbon tidak jenuh kurang lebih 50% (Sudjatmiko, 2013). Tingginya total partikel dari minyak solar diduga berasal dari banyaknya karbon tidak jenuh yang tidak terbakar dan keluar sebagai gas buang. Penambahan atau pencampuran dengan biodiesel mengakibatkan penurunan jumlah hidrokarbon jenuh sehingga menyebabkan terjadinya penurunan total partikel.

### Opasitas

Opasitas adalah tingkat ketidaktembusan cahaya yang dihasilkan dari gas buang proses pembakaran pada gas emisi baik dari sumber bergerak maupun tidak bergerak dengan satuan persen (%). Dari definisi ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai opasitas berarti semakin pekat asap yang ditimbulkan oleh gas buang.

Hasil uji emisi opasitas yang dihasilkan oleh mesin diesel dengan bahan bakar campuran sbiodiesel dan minyak solar dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai emisi opasitas baik untuk 10% volume biodiesel (B10) maupun 20% (B20) dan 30% (B30) serta minyak solar (B00) adalah sama yaitu 5%. Ternyata campuran bahan bakar biodiesel dan minyak solar (BXX) masih belum mampu menurunkan opasitas dari minyak. Hal ini diduga karena masih ada jelaga atau sisa-sisa karbon yang tidak ikut terbakar sempurna, namun nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu yaitu 20%.



**Gambar 5.** Hubungan Nilai Opasitas (%) dengan volume biodiesel (%)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Biodiesel yang dihasilkan memiliki sifat fisik kimia sebagai berikut : *specific gravity* 0,9068, kekentalan kinematik 28,26 mm<sup>2</sup>/s, titik nyala 50,5°C, *cloud point* 18°C, kadar air 0,8% vol, residu karbon 0,941% wt dan *calorific value* 9372,8 Cal/gr. Bahan bakar campuran antara biodiesel dan minyak solar (B30) menyebabkan terjadinya penurunan emisi gas buang CO sebesar 96,88%, total partikel sebesar 18,35% dan B20 menyebabkan penurunan emisi gas SO<sub>2</sub> sebesar 100% dari minyak solar. Sementara campuran antara biodiesel dan minyak solar (B30) menyebabkan terjadinya kenaikan emisi gas NO<sub>2</sub> sebesar 265,96 % serta tidak memberikan pengaruh apa-apa terhadap opasitas.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Baristand Industri Samarinda sebagai penyandang dana dan Kepala Baristand Industri Samarinda atas kesediannya dalam memberikan tempat dan bimbingannya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007, [www.biodieselindonesia.com/indexxx-pph?view=\\_biodisel](http://www.biodieselindonesia.com/indexxx-pph?view=_biodisel) (di akses tanggal 3 Januari 2013).  
Aziz, I., 2007, Kinetika Reaksi Tran ses terifikasi Minyak Goreng Bekas,

- Jurnal Valensi, Vol.1, No.1., UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta
- Dirjen Energi Baru Terbarukan & Konservasi Energi, 2013, Petunjuk Teknis Pencampuran (Blending) Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Minyak Solar dengan bahan Bakar nabati (BBN) Jenis Biodiesel, Kementerian Energi & Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Djarmiko, I., 2013, <http://yamatoikwan.blog - spot.com /2013/05/bensin-solar.html> (diakses tgl 25 Februari 2014).
- Hamid dan Yusuf, 2002, Preparasi Karakteristik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit, Makara Tehnologi Vol. 6 No.2 Agustus 2002, Jakarta.
- Ming TC, Ramli N, Lye OT, Said M dan Kanzil Z, 2005, "*Strategis for Decreasing the Pour Point and Cloud Point of Palm Oil Products*", Eur, J Lipid Sc. Techno, 107: 505-512
- Mittelbach M and Remschmidt C, 2006, "*Biodiesel The Comprehensive Handbook*", <sup>rd</sup>3 ed, Austria, Boersedruck Ges.m.b.H.
- Rickdatech, 2012, "*Spesific Gravity and Biodiesel*", <http://makebiodiesel.org/RickDaTech-s-Blog/specific-gravity-and-biodiesel.html> (diakses tgl. 4 Agustus 2012).
- Sukartin, Purnawan, K.C., Susanty, A., dan Fitriani, 2009, Optimalisasi Kondisi Proses Pembuatan Biodiesel dari CPO Secara Enzimatis, Laporan Penelitian Tahunan Baristand Industri Samarinda, Samarinda.
- Susila, I.W., 2010, Kinerja Mesin Diesel Memakai Bahan Bakar Biodiesel Biji Karet dan Analisa Emisi Gas Buang, Jurnal Teknik Mesin Vol. 12 No. 1 April 2010, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Syafii, M; Sembiring, T & Bangun, N, 2013, Efek Metil Ester Minyak Jarak Pagar dengan Dimetil Ester Turunan Oleat Terhadap Emisi gas Buang dari Mesin Diesel, Jurnal Dinamis Vol. II No. 12 Jan. 2013, USU Medan, Medan.
- Syahrani, A., 2006, Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi, Jurnal SMARTek Vol. 4 No. 4 Nop. 2006, Universitas Tadaluko, Palu.
- Turnip, 2009, Pengujian dan Analisa Performansi Motor Bahan Bakar Diesel menggunakan Biodiesel Dimethyl Ester B-01 dan B-02, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.